

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ ПАТОЛОГІЇ, ОНКОЛОГІЇ І
РАДІОБІОЛОГІЇ ім. Р.Є.КАВЕЦЬКОГО

На правах рукопису

СІКОРЕНКО-ГУСАР ВАРВАРА ВАЛЕНТИНІВНА

**ВПЛИВ ЧОРНОВИЛЬСЬКОЇ АВАРІЇ НА ВМІСТ ДОЗОТВОРНИХ
РАДІОНУКЛІДІВ У ДОВКІЛЛІ ТА ХАРЧОВИХ ЛАНЦЮГАХ ОРГАНІЗМІВ
КИЇВСЬКОГО, КАНІВСЬКОГО ТА КРЕМЕНЧУЦЬКОГО ВОДОСХОВИЩ**

03.00.08. - Радиобіологія

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата біологічних наук

Київ - 1996

НВ.35.890

Дисертацією є рукопис

Робота виконана у лабораторії радіаційної гігієни Українського наукового гігієнічного центру МОЗ України

Наукові керівники:

доктор медичних наук, професор **Андрій Михайлович Сердук**
академік НАН України, доктор біологічних наук, професор

Генадій Григорович Полікарпов

Офіційні опоненти:

доктор біологічних наук, професор **Юрій Олексійович Кутлакмедов**
доктор біологічних наук, професор **Михайло Ілліч Кузьменко**

Провідна установа - **Дніпропетровський державний університет**
(кафедра гідробіології та радіоекології)

Захист відбудеться "21" листопада 1996 р. о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 01.83.01 в Інституті експериментальної патології, онкології і радіобіології ім. Р.Є. Кавецького НАН України (252022, м.Київ, вул. Васильківська, 45)

З дисертацією можна ознайомитися в науковій бібліотеці ІЕПОР НАН України.

Автореферат розісланий "14" травня 1996 р.

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради

кандидат біологічних наук

Г. Й. Лавренчук

ЛННБ України ім.В.Стефаника



00739846 (.)

AB - 35.890

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність проблеми. Складна ситуація створилася в басейні р. Дніпро після аварії на ЧАЕС. Головна артерія прісної води опинилася в зоні найбільшого її впливу, а Київське, Канівське та Кременчуцьке водосховища ввійшли до складу першочергових об'єктів радіологічного моніторингу. Під час аварії радіоактивне забруднення штучними радіонуклідами (ШРН) досліджуваних акваторій відбувалось, головним чином, повітряним шляхом, а у післяаварійний період пріоритетним став водний шлях (Соботович,1991). Нерівномірність чорнобильських викидів сприяла забрудненню навколишнього середовища ШРН різної щільності (Давидчук,1992). За результатами досліджень нашої лабораторії (1977-1994) концентрації ^{137}Cs та ^{90}Sr у воді Київського водосховища після аварії збільшилися, відповідно, у 200 та 900 разів, порівняно із доаварійними показниками. Як відомо, водяні організми здатні накопичувати радіонукліди в 100 разів і вище їх концентрацій у воді (Тимофеев-Ресовский,1957; Поликарпов,1964; Куликов,1971; Флейшман,1973; Рамзаев,1975; Марей,1976; Шеханова,1983; Катков,1985; Кузьменко, Haddingh, Carreiro, Рябов,1996). Виникла загроза значного збільшення колективної дози опромінення населення, що мешкає в межах дніпровського басейну (Кутлахмедов,1992). З'явилася необхідність у проведенні комплексного радіологічного моніторингу, всебічних досліджень факторів формування радіоактивного стану на водосховищах та утворення державної системи контролю об'єктів навколишнього середовища з метою оцінки відповідності їх радіаційного забруднення існуючим нормативам (Алексахин,1993; Луцк Ф.,1990).

ЛНБ ім. В. Стефаники
АН України

2 Мета і завдання дослідження. Метою досліджень було вивчення закономірностей формування радіоекологічної ситуації після аварії на ЧАЕС у Київському, Канівському, Кременчуцькому водосховищах щодо раціонального використання їх у промисловому рибальстві. Завдання дослідження:

1. Визначити рівні радіаційного забруднення компонентів водяних ценозів радіонуклідами $^{137}\text{Cs}+^{134}\text{Cs}$ та ^{90}Sr на підставі натурних досліджень, проведених на трьох верхніх водосховищах дніпровського каскаду.

2. Вивчити процеси розподілу та міграції нуклідів ^{137}Cs , ^{134}Cs та ^{90}Sr у ланцюгу: вода - донні відкладення - водяні рослини - риби в умовах досліджуваних водосховищ.

3. Розрахувати коефіцієнти накопичення (Кн) ^{137}Cs у донних відкладеннях, водяних рослинах та рибах.

4. Розробити математичну модель для прогнозування радіоактивного забруднення промислових риб ^{137}Cs залежно від концентрації цього ізотопу у воді.

5. Оцінити внесок водного шляху міграції $^{137}\text{Cs}+^{134}\text{Cs}$ з водою та рибою у формування ЕД опромінення населення.

Наукова новизна і теоретична цінність роботи полягає у:

- комплексному вивченні та оцінці радіоактивного забруднення компонентів водяних ценозів (вода, донні відкладення, водяні рослини, риби) радіонуклідами ^{137}Cs , ^{134}Cs і ^{90}Sr на трьох верхніх водосховищах дніпровського каскаду в місцях промислового вилову риби;

- виявленні тенденцій та закономірностей розподілу $^{137}\text{Cs}+^{134}\text{Cs}$ та ^{90}Sr між компонентами водяних ценозів: водою-донними відкладеннями-водяними рослинами-рибами;

- розрахунку Кн ^{137}Cs у донних відкладеннях, водяних рослинах

та рибак;

- розробці математичної моделі прогнозування радіоактивного забруднення промислових риб ^{137}Cs залежно від концентрації цього радіонукліда у воді;

- розрахунку ЕД внутрішнього опромінення населення за рахунок $^{137}\text{Cs}+^{134}\text{Cs}$, які потрапляють до організму з водою та рибою із водосховищ, а також зовнішнього опромінення під час інших засобів контакту з водою: купанні, відпочинку або роботі на воді.

Практичне значення роботи. Завдяки комплексним дослідженням, проведеним на водосховищах, розроблено схему контролю об'єктів радіоактивного забруднення відкритих водойм після аварії на АЕС (1991 р.) та підхід до радіаційно-гігієнічної оцінки промислових видів риб із водосховищ та ставкових господарств з урахуванням їх забруднення ШРН (модифікація формул для розрахунку доз внутрішнього опромінення населення, яке споживає цю рибу) (1989 р.). Результати досліджень були використані: для оптимізації рибного промислу на водосховищах з урахуванням їх радіоактивного забруднення (1986-1991 рр.); для оцінок дозових навантажень за рахунок ^{137}Cs , ^{134}Cs та ^{90}Sr з водою та рибою - джерел формування підвищених ЕД для двох груп населення (1986-1994 рр.); при розробці невідкладних заходів з ліквідації наслідків Чорнобильської катастрофи в межах державних програм (1988-1992 рр.).

Основні положення, що виносяться на захист:

1. Вивчення змін радіоактивного забруднення ^{137}Cs , ^{134}Cs та ^{90}Sr компонентів водяних ценозів (вода, донні відкладення, водяні рослини, риби) як визначального фактору формування радіоекологічної ситуації після аварії, для оптимізації рибного промислу.

2. Оцінка внеску водного шляху міграції $^{137}\text{Cs}+^{134}\text{Cs}$ з водою та рибою із водосховищ та ставкових рибних господарств, що зазнали забруднення штучними радіонуклідами внаслідок аварії на АЕС, у формуванні ЕД опромінення населення та можливості їх безпечного використання.

Апробація роботи. Основні положення дисертаційної роботи було представлено та повідомлено на засіданнях ученої ради НДІ загальної та комунальної гігієни ім.А.Н. Марзєєва (1989,1990); наукових семінарах, конференціях в межах держави та за кордоном. Представлені на виставках: Москва, ВДНГ СРСР, павільйон "Атомная энергия" (1991); Київ, ВПДНГ України, павільйон "Гідрометереологія" (1991); Київ, "Итоги оценки медицинских последствий аварии на ЧАЭС" (1991-1995); "Чернобыль и проблемы здоровья", держави Європи (1992). International Workshop on "Radioactivity size effect in fish", 14-19 June 1993, Moscow-Russia. The Workshop of European Branch of International Union of Radioecology: "Radioecology: Advances and Perspectives", Sevastopol, 3-7 October 1994. NATO Advanced Study Institute: "Radioecology", Zarechnoe, Sverdlovsk Region, 18-28 June, 1995.

Впровадження. Матеріали досліджень було покладено до основи обґрунтування частини водоохоронних заходів, запланованих до 2000 року при розробці Національної програми екологічного оздоровлення басейну р.Дніпро та поліпшення якості питної води.

Згідно з "Программой контролю радиоактивного загрязнения рыбных запасов в водоёмах и рыбных хозяйствах УССР" (1987 - 1991pp.) щорічно до МОЗ України надсилались "Справки".

Публікації. За темою дисертації опубліковано 19 наукових праць: 9 - у межах України та СНД, 9 - за кордоном, 1 - інфор-

маційний лист.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація викладена на 250 сторінках, вміщує 60 рисунків, 20 таблиць та складається із вступу, огляду літератури, матеріалів і методів дослідження, результатів роботи та їх обговорення, заключення, висновків, переліку цитованої літератури, який складається із 160 робіт, в тому числі - 25 іноземних.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

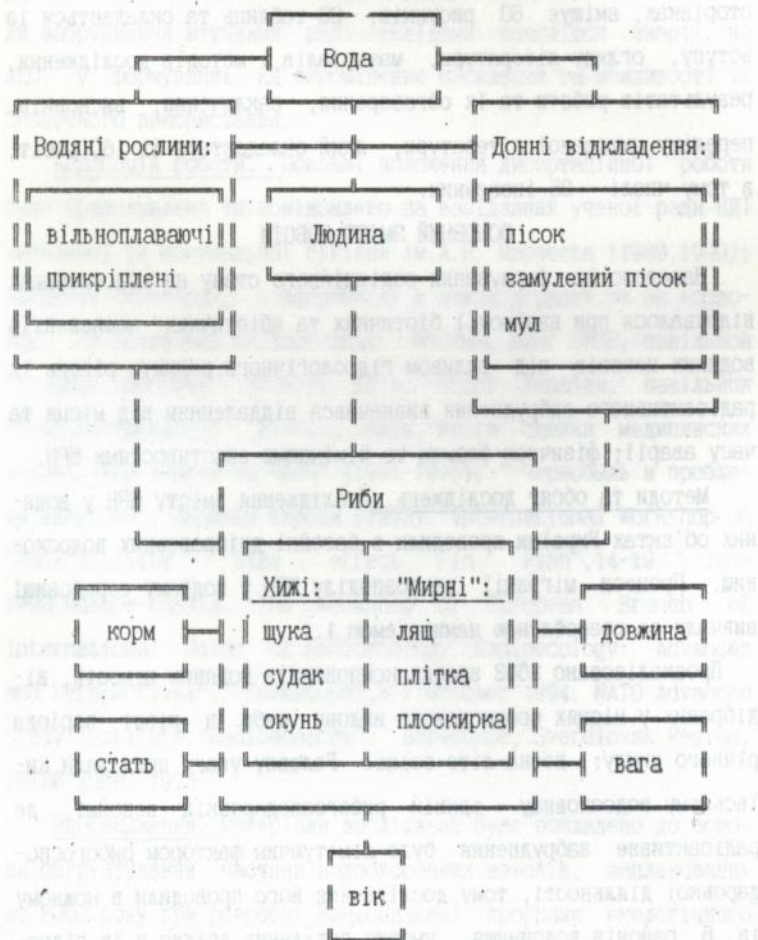
Наведено що: формування радіаційного стану на водосховищах відбувалося при взаємодії біотичних та абіотичних компонентів водяних ценозів під впливом гідрологічного режиму; рівень їх радіоактивного забруднення визначався віддаленням від місця та часу аварії; фізичною формою та хімічними властивостями ШРН.

Методи та обсяг досліджень. Дослідження вмісту ШРН у водяних об'єктах України проводили в басейні дніпровських водосховищ. Процеси міграції та розподілу ШРН у водному середовищі вивчали за розробленою нами схемою 1.

Проаналізовано 2662 зразки компонентів водяних ценозів, відібраних у місцях промислового вилову риби в різні періоди річного циклу: весна-літо-осінь. Головну увагу приділяли Київському водосховищу - єдиній рибогосподарській водоймі, де радіоактивне забруднення було лімітуючим фактором рибогосподарської діяльності, тому дослідження його проводили в кожному із 6 районів водоймища, умовно поділених згідно з їх гідрологічними характеристиками (Цееб, 1972).

Зразки води відбирали з поверхневого шару (0-1 м) і фільтрували через складену тричі полотняну тканину; донних відкладень: мулу-замуленого піску-піску (0-10 см). Водночас відбирали масові види водяних рослин: *Alisma plantago aquatica* L.,

Схема 1. Схема контролю об'єктів радіоактивного забруднення
 відкритих водойм після аварії на АЕС



Butomus umbellatus L., *Carex nigra* (L.) Reichard, *Typha angustifolia* L., *Nymphaea lutea* L., *Acorus calamus* L., *Lemna trisulca* L., *Elodea canadensis* Mickx., *Utricularia vulgaris* L., *Ceratophyllum submersum* L., *Cladophora* sp. та Charophyta sp., які були поділені на дві групи: вільноплаваючі - з харак-

терним надходження ШРН з товщі води, та прикріплені - забруднення яких залежало від радіоактивного забруднення води та донних відкладень. Вилов риби проводили тенетами з кроком вічка 36-90 мм. Для дослідження вибрано 6 видів промислових риб, що склали у загальному вилові в середньому 95%. Хижі риби - *Esox lucius*, *Stizostedion lucioperca*, *Perca fluviatilis*. "Мирні" риби - *Abramis brama*, *Rutilus rutilus*, *Blicca bjoerkna*. Вміст ^{137}Cs , ^{134}Cs та ^{90}Sr визначали головним чином у їстівній частині риб - м'язах, з метою оцінки можливого опромінення населення, при їх споживанні. Дослідження неїстівної частини проводили епізодично, для порівняння. Досліджувані риби були поділені на чотири групи за віком, урахувавши їх репродуктивність і темпи росту. Основу вилову - 75% і більше, склали 5-8-літки.

Вимірювання вмісту гама-випромінюючих нуклідів здійснювали за допомогою спектрометричного приладу на базі аналізатора імпульсів "Canberra" з германієвим детектором моделі 7229 P у склянках Марінееллі (Марей, Зыкова, 1980). Мінімально-детектована активність (МДА) приладу складала $1.5 \text{ Bk} \cdot \text{зразок}^{-1}$ за годину. Визначення ^{90}Sr проводили радіохімічними методами за дочірнім ^{90}Y , з наступним вимірюванням препарату на низькофоновому бета-радіометрі "Tesla" NRR-610. МДА приладу складала $0.03 \text{ Bk} \cdot \text{зразок}^{-1}$ за 1000 хв. (Нефедов, 1987). Похибка вимірювань складала в середньому 10-20% і не перебільшувала 30%.

Радіоактивність гідробіонтів розраховували у $\text{Bk} \cdot \text{кг}^{-1}$ сирої ваги. Термін "коефіцієнт накопичення" - це співвідношення концентрації ^{137}Cs у зразку до його концентрації у воді.

Репрезентативність зразків закладено при їх відборі. Вірогідність одержаних у роботі результатів визначалася вико-

ристанням загальноновизнаних математичних методів. При розробці моделі було використано регресійний аналіз. Статистичну обробку результатів досліджень проводили на CASIO fx-82C, побудову графіків - на ПЕОМ АМ 486 ДХ 4-100/8/540, з використанням стандартних пакетів прикладних програм.

Для радіоактивного забруднення $^{137}\text{Cs}+^{134}\text{Cs}$ води трьох водосховищ критичними були 1986-1988 рр. (рис.1). Пік 1986 р. пов'язаний із аварійними радіоактивними випадіннями, які максимально осіли на акваторію Київського водосховища. Пік 1988р. -результат активної повені (5-15.06.88). У 1992р. концентрація $^{137}\text{Cs}+^{134}\text{Cs}$ у воді мінімальна за післяаварійний період (0.02-0.05 Бк·л⁻¹). У 1993р. концентрація $^{137}\text{Cs}+^{134}\text{Cs}$ у воді зменшилася в 100 разів стосовно 1986р., але залишилася в 30 разів більше доаварійних показників. Падіння рівня забруднення води $^{137}\text{Cs}+^{134}\text{Cs}$ пов'язано із седиментаційними процесами у водосховищах, фіксацією ізотопів донними відкладеннями або ґрунтами та розподілом за компонентами водяних ценозів. У ряду водосховищ Київське-Канівське-Кременчуцьке забруднення води $^{137}\text{Cs}+^{134}\text{Cs}$ зменшувалося у співвідношенні 10:3:1. Протягом 1986-1993рр. перевищення тимчасово припустимих рівней ("ТПР-88, 91") концентрації ^{137}Cs у воді (18.5 Бк·л⁻¹) не спостерігалось.

Для Київського та Кременчуцького водосховищ сезонного регулювання стоку виявлені сезонні зміни радіоактивного забруднення води: зменшення радіоактивності води відбувалося від повені до межню. Сезонні зміни концентрації $^{137}\text{Cs}+^{134}\text{Cs}$ у воді Київського водосховища складали: в 1986р.- 93% (11.1-0.75 Бк·л⁻¹), в 1988 р.-65% (2.3-1.4 Бк·л⁻¹), в 1989-1993 рр.-50% (0.2-0.4 Бк·л⁻¹). Для Канівського водосховища - добового регулювання стоку, максимальні показники ШРН відмічені влітку.

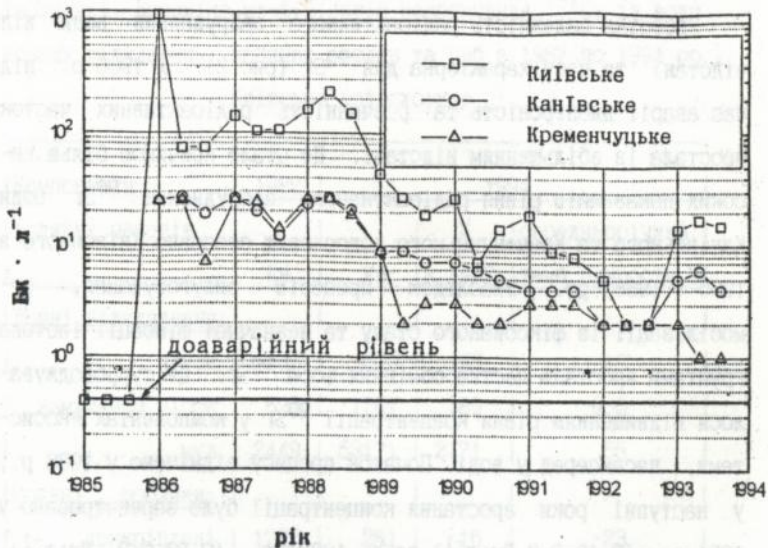


Рис. 1. Середні концентрації $^{137}\text{Cs} + ^{134}\text{Cs}$ у воді водосховищ

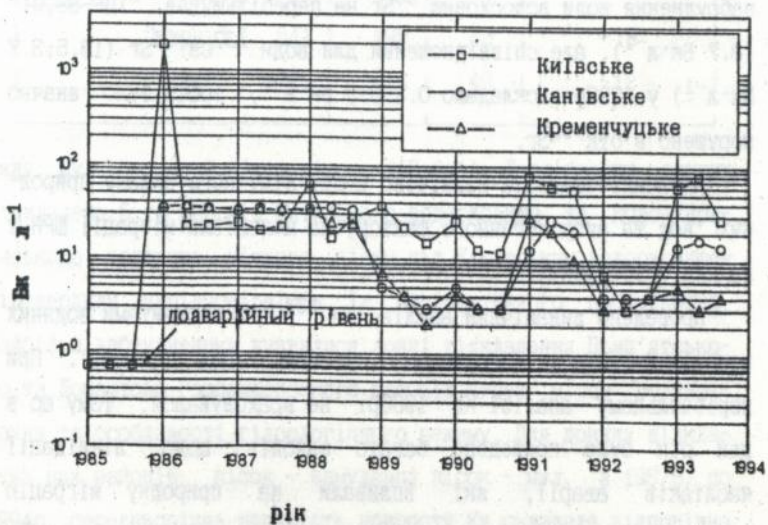


Рис. 2. Середні концентрації ^{90}Sr у воді водосховищ

Зворотна залежність радіоактивного забруднення води від відстані та часу характерна для ^{90}Sr (рис.2). У 1986 р. під час аварії дисперсність та розчинність радіоактивних часток зростала із збільшенням відстані. Це стало причиною більш високих показників рівня радіоактивного забруднення ^{90}Sr води Канівського та Кременчуцького водосховищ стосовно Київського в 1986 - 1988 рр.. Внаслідок процесів вилуговування, ремобілізації із фіксованого стану та незначної фіксації ізотопу ґрунтами зростала частка обмінних форм ^{90}Sr . Це супроводжувалося підвищенням рівня концентрації ^{90}Sr у компонентах екосистеми, насамперед у воді. Початок процесу відмічено у 1988 р., у наступні роки зростання концентрації було зареєстровано у 1991 р. ($0.49-0.9 \text{ Бк}\cdot\text{л}^{-1}$) та в 1993 р. ($0.28-0.8 \text{ Бк}\cdot\text{л}^{-1}$). Встановлено, що за період 1986-1993 рр. рівень радіоактивного забруднення води водосховищ ^{90}Sr не перебільшував "ТПР-88,91" ($3.7 \text{ Бк}\cdot\text{л}^{-1}$), але співвідношення для води $^{137}\text{Cs}:^{90}\text{Sr}$ ($18.5:3.7 \text{ Бк}\cdot\text{л}^{-1}$) у 1993р. складало $0.2:0.8 \text{ Бк}\cdot\text{л}^{-1}$, тобто було значно порушено в бік ^{90}Sr .

Проаналізовано та відмічено вплив хімічного складу природних вод та антропогенного фактору на механізми міграції ШРН у водному середовищі.

Проведено динамічний аналіз Кн ^{137}Cs компонентами водяних ценозів Київського водосховища стосовно води (табл.1). При порівняльному аналізі Кн 1986р. не враховувався, тому що в цей рік було проведено багато заходів щодо ліквідації наслідків аварії, які впливали на природну міграцію радіонуклідів. Динаміка Кн спостерігалася з 1987 р.

Серед донних відкладень, характерних для досліджуваних водосховищ рівень радіоактивного забруднення ШРН зменшувався в

Таблиця 1. Динаміка коефіцієнтів накопичення ^{137}Cs із води донних відкладень, водяних рослин та риб з 1987 по 1994 рр., Київське водосховище

Компоненти	1987		1994	
	Кн	Кн	% к 1987	середньорічний темп приросту, %
<u>Водяні ценозів</u>				
Донні відкладення:				
пісок	256	500	195	10
замулений пісок	670	1267	189	9.5
мул	2449	53171	2171	55
<u>Водяні рослини:</u>				
прикріплені	1785	281	16	-23
вільноплаваючі	7972	152	2	-43
<u>Риби:</u>				
"мирні"	841	195	23	-19
хижі	1321	524	40	-12

ряду: мул-замулений пісок-пісок (10:6:1). Дослідження донних відкладень 6-ти районів Київського водосховища та Ново-Українського родовища річного піску під Канівським водосховищем підтвердили нерівномірність їх радіоактивного забруднення. Найбільш забрудненими виявилися донні відкладення Прип'ятського та Домантово-Городищенського районів через місце розташування та особливості гідрологічного режиму. Для донних відкладень цих районів: пісок - замулений пісок - мул, з 1987р. по 1994р. середньорічна швидкість приросту Кн складала відповідно 10:9.5:55 %. Це призвело до різних темпів збільшення Кн і порушення їх співвідношення. Якщо в 1987р. співвідношення було

1:3:10, то в 1994 р. - 1:2:110 (табл. 1). Рівень радіоактивного забруднення донних відкладень $^{137}\text{Cs} + ^{134}\text{Cs}$ та різниця між його граничними показниками зменшувалися в ряду водосховищ: Київське : Канівське : Кременчуцьке (100:10:1).

На відміну від $^{137}\text{Cs} + ^{134}\text{Cs}$, рівень радіоактивного забруднення донних відкладень ^{90}Sr змінювався в широких межах. При рН, характерних для досліджуваних водойм, цей радіонуклід легко переходить у розчинний стан, в якому може мігрувати з водними масами і внаслідок вертикальної міграції потрапляти до водоносних горизонтів.

Радіоактивне забруднення водяних рослин у 1986 р. відбувалось головним чином повітряним шляхом. Тому найбільш вразливими на той час були плаваючі та поглинені водяні рослини. Максимальні концентрації $^{137}\text{Cs} + ^{134}\text{Cs}$ зареєстровані в рясі (97,0 кБк \cdot кг $^{-1}$) Канівського та Кременчуцького водоймищ, мінімальні (4,4 кБк \cdot кг $^{-1}$) - у прикріплених водяних рослинах (1986р.). З 1986р. по 1993р. відмічено такі тенденції у формуванні радіоактивного забруднення водяних рослин радіонуклідами Cs: для поглинених - зниження рівня забрудненості; для прикріплених - підвищення рівня. У 1993 році максимальні концентрації $^{137}\text{Cs} + ^{134}\text{Cs}$ зареєстровані у кушира з гирла Прип'яті, а ^{90}Sr - у нитчастих водоростях, відібраних у північно-західній частині півострова Домантовський.

На формування радіоактивного забруднення промислових риб впливали чинники формування радіаційного стану на водоймах, а також вид, вік, середовище їх мешкання, включаючи корм. Доведено, що головне джерело радіоактивного забруднення риб - вода і менше - донні відкладення. Доказом було збільшення вмісту $^{137}\text{Cs} + ^{134}\text{Cs}$ у м'язах риб після збільшення концентрації цих

радіонуклідів у воді із запізненням на один рік як при високих, так і при низьких концентраціях. Збільшення концентрації $^{137}\text{Cs}+^{134}\text{Cs}$ у воді в 1986, 1988, 1991 рр., стосовно попереднього року відзначено збільшенням його концентрації у рибах в 1987, 1989, 1992 рр. (рис.3). Виявлено залежність радіоактивного забруднення ^{137}Cs хижих риб від концентрації радіонукліда в воді і м'язах "мирних" риб. Це стало підставою для побудови математичної моделі прогнозування їх радіоактивного забруднення. Розглядали 2 способи надходження ^{137}Cs до організму хижих риб: вода-хижі риби та "мирні" риби-хижі риби. Розраховані коефіцієнти кореляції (R) для 1-го способу: 0.9-0.93; для 2-го способу: 0.94-0.97, свідчать про наявність таких залежностей. R між двома предикторами (вода, "мирні" риби) низький, тобто вони малокорельовані, що дає можливість використовувати виявлені зв'язки для прогнозу. Рівняння зв'язку між предикторами та предиктантами було розв'язано двома способами: 1) розв'язанням рівнянь регресії для трьох невідомих; 2) розв'язанням системи лінійних рівнянь. F-критерій вище табличного (5.14) і дорівнює 8-14.6 для першого способу; 6-20.1 - для другого. Побудовані трьохкомпонентні номограми дозволяють визначати концентрацію ^{137}Cs у м'язах хижих, "мирних" риб та у воді при наявності одного із показників (Рис. 5).

Дослідження впливу радіоактивності донних відкладень на забруднення $^{137}\text{Cs}+^{134}\text{Cs}$ промислових риб показали, що за досліджуваній період максимальні рівні забруднення зареєстровані в рибах, виловлених у районах з найбільшою щільністю забруднення ШРН дна та площ водозбору у період повені (Прип'ятський та Домантово-Городищенський). Для хижих риб та ляща старшого віку, виловлених у цих районах у зазначений період,

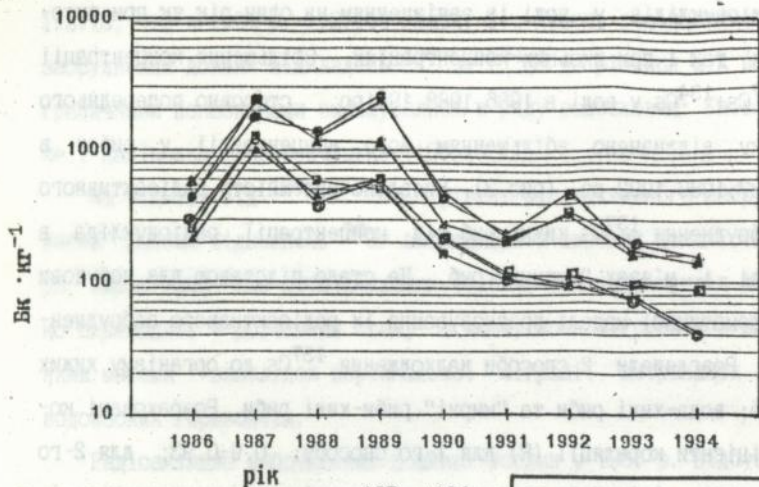


Рис. 3. Середні концентрації $^{137}\text{Cs}+^{134}\text{Cs}$ у м'язах риб Київського водосховища

■	щука	□	ляц
●	судак	○	плітка
▲	окунь	△	плоскирка

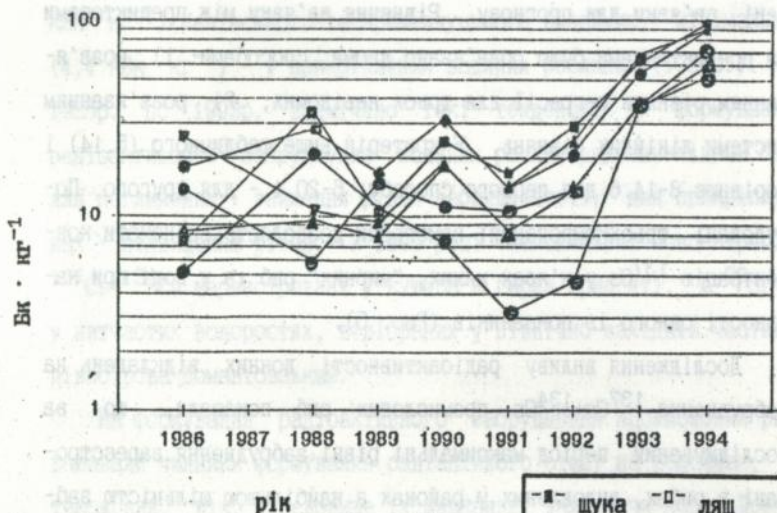


Рис. 4. Середні концентрації ^{90}Sr у м'язах риб Київського водосховища

■	щука	□	ляц
●	судак	○	плітка
▲	окунь	△	плоскирка

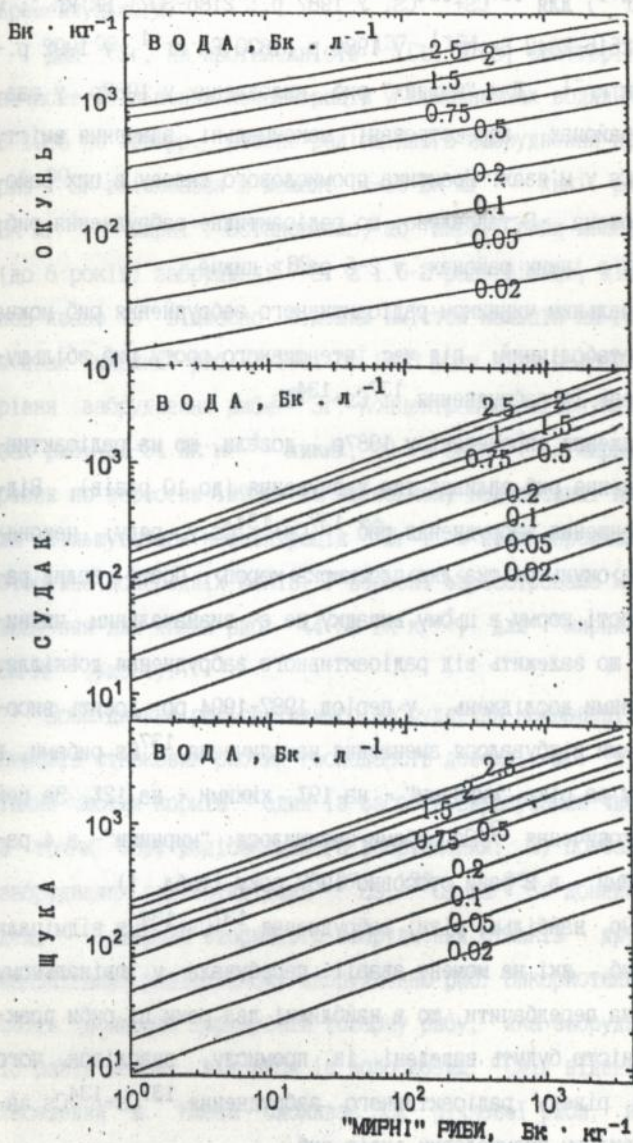


Рис. 5. Залежність концентрації ^{137}Cs в м'ясах хижих та "мирних" риб від його концентрації у воді в попередньому році.

спостерігалось перевищення "ТПР-88" (1850 Бк·кг⁻¹) та "ТПР-91" (740 Бк·кг⁻¹) для ¹³⁷Cs+¹³⁴Cs. У 1987 р.: 2186-3071 Бк·кг⁻¹; у 1988 р.: 2516-2842 Бк·кг⁻¹; у 1989 р.: 1870 Бк·кг⁻¹, у 1992 р. - 763-905 Бк·кг⁻¹. Для "мирних" риб, виловлених у 1987р. у зазначених районах, зареєстровані максимальні значення вмісту ¹³⁷Cs+¹³⁴Cs у м'язах. Практика промислового вилову в цих районах заборонена. Встановлено, що радіоактивне забруднення риб, виловлених в інших районах, у 2-5 разів нижче.

Визначальним чинником радіоактивного забруднення риб можна назвати метаболічний: під час інтенсивного росту риб збільшується рівень їх забруднення ¹³⁷Cs+¹³⁴Cs.

Дослідження, проведені у 1987р., довели, що на радіоактивне забруднення риб впливає тип харчування (до 10 разів). Відмічено зменшення забруднення риб ¹³⁷Cs+¹³⁴Cs у ряду: чехоня > судак > щука > окунь > плітка > лящ > плоскирка > короп. Проте вплив радіоактивності корму в цьому випадку не є визначальним чинником, тому що залежить від радіоактивного забруднення довкілля.

За даними досліджень, у період 1987-1994 рр. досить високими темпами відбувалося зменшення накопичення ¹³⁷Cs рибами, в середньому за рік: "мирними" - на 19%, хижими - на 12%. За цей період накопичення ¹³⁷Cs рибами зменшилося: "мирними" - в 4 рази, а хижими - в 2 рази стосовно 1987 року (табл. 1).

З 1989р. найбільші рівні забруднення ¹³⁷Cs+¹³⁴Cs відмічали у хижих риб, які на момент аварії перебували у ювінальному віці. Можна передбачити, що в найближчі два роки ці риби практично повністю будуть виведені із промислу, внаслідок чого знизиться рівень радіоактивного забруднення ¹³⁷Cs+¹³⁴Cs загального вилову промислових видів риб.

Встановлено, що забруднення промислових риб Київського во-

досховища $^{137}\text{Cs}+^{134}\text{Cs}$ у 10 разів більше, ніж Канівського та Кременчуцького.

Для ^{90}Sr , на протилежність $^{137}\text{Cs}+^{134}\text{Cs}$, спостерігалось одночасне збільшення концентрацій у компонентах водяних ценозів. З 1986 по 1990рр. рівень радіаційного забруднення промислових риб ^{90}Sr змінювався в межах: 4-16 Бк·кг⁻¹ - хижі риби, 5-31 Бк·кг⁻¹ - "мирні". Встановлено, що "мирні" риби молодшого віку (до 6 років) забруднені ^{90}Sr в 1.5-2 рази більше, ніж хижі. Це пов'язано із відносно більшим вмістом кальцію на грам маси в м'язах "мирних" риб. З 1991 по 1993 роки відмічалось зростання рівня забруднення риби ^{90}Sr . Концентрація радіонукліда у м'язах риб: 21-54 Бк·кг⁻¹ - хижих, 39-79 Бк·кг⁻¹ - "мирних". З березня по вересень 1993р. на Київському водосховищі продовжувала збільшуватися концентрація ^{90}Sr у м'язах промислових риб стосовно попередніх років. У вересні зареєстровано максимальні значення для хижих риб: 44-54 Бк·кг⁻¹, для "мирних": 64-79 Бк·кг⁻¹ (рис.4).

Дослідження радіоактивного забруднення компонентів водяних ценозів ставкових рибних господарств довели, що: 1) використання чистих кормів - один із засобів вирощування чистої риби, з точки зору радіоактивного забруднення; 2) позбавлення від забруднених радіонуклідами ^{137}Cs , ^{134}Cs та ^{90}Sr донних відкладень - джерела вторинного забруднення ставків - другий засіб запобігання радіаційному забрудненню риб. Використання цих засобів дозволяє вирощувати товарну рибу, яка забруднена ШРН у 10 разів менше, ніж риби із водосховищ. Слід відзначити, що населення м. Києва споживає 50% річкової риби, яка на 80% складається з товарної риби рибних господарств.

Максимальні сумарні дози від ШРН під час користування во-

дою відмічено у 1986р.: для Київського водосховища-182,7 мкЗв, для Канівського водосховища-10,2 мкЗв, для Кременчуцького-8,1 мкЗв. Мінімальні - у 1991р. для: Київського-6,9 мкЗв, Канівського-1,8 мкЗв, Кременчуцького - 1,3 мкЗв. Розрахункова ЕД внутрішнього опромінення населення від $^{137}\text{Cs}+^{134}\text{Cs}$ (Ніг) при споживанні промислових риб із досліджуваних водосховищ досягла максимальних значень у 1986-1989 рр.: 200-600 мкЗв \cdot рік $^{-1}$. Проте її внесок у загальну Ніг незначний на фоні вищого рівня забруднення інших продуктів харчування (води, зелені, молока). У 1990-1993 рр. доза внутрішнього опромінення населення від $^{137}\text{Cs}+^{134}\text{Cs}$ при споживанні риб знизилася до 30-90 мкЗв \cdot рік $^{-1}$, що в 25 разів перевищувало дозаваріантні показники (1.7 - 2.3 мкЗв \cdot рік $^{-1}$).

Доза внутрішнього опромінення населення від ^{90}Sr під час споживання води та риб із досліджуваних водосховищ з 1986р. по 1993р. щорічно складала 0.9 - 2.1 мкЗв \cdot рік $^{-1}$. Однак у 1993р. внесок ^{90}Sr у дозу внутрішнього опромінення населення зумовлено більше як на 50% уживанням води та риби.

В И С Н О В К И

1. Зареєстровано у Київському водосховищі зміни забруднення $^{137}\text{Cs}+^{134}\text{Cs}$:

а) води з 1986 по 1988 рр. у діапазоні 2-11 Бк \cdot л $^{-1}$ (у повінь) та 0.74-1.5 Бк \cdot л $^{-1}$ (у межень); з 1989 по 1993 рр. - у діапазоні 0.05-0.4 Бк \cdot л $^{-1}$ (у повінь) та 0.02-0.3 Бк \cdot л $^{-1}$ (у межень);

б) 6 видів промислових риб з 1987 по 1989 рр. у діапазоні 500-3635 Бк \cdot кг $^{-1}$ (хижі) та 206-1522 Бк \cdot кг $^{-1}$ ("мирні"); з 1990 по 1993 рр. - у діапазоні 158-740 Бк \cdot кг $^{-1}$ (хижі) та 76-288 Бк \cdot кг $^{-1}$ ("мирні").

2. Зареєстровано у Київському водосховищі зміни забруднення ^{90}Sr :

а) води в 1986, 1988, 1991 і 1993 рр. у діапазоні 0.6-0.8 $\text{Bк}\cdot\text{л}^{-1}$ (у повінь) та 0.2-0.6 $\text{Bк}\cdot\text{л}^{-1}$ (у межень); в інші роки (1987, 1989, 1990, 1992 рр.) - у діапазоні 0.07-0.4 $\text{Bк}\cdot\text{л}^{-1}$ (у повінь) та 0.03-0.2 $\text{Bк}\cdot\text{л}^{-1}$ (у межень);

б) 6 видів промислових риб з 1986 по 1992 рр. у діапазоні 8-15 $\text{Bк}\cdot\text{кг}^{-1}$ (хижі) та 13-25 $\text{Bк}\cdot\text{кг}^{-1}$ ("мирні"); у 1993 р. - 36-57 $\text{Bк}\cdot\text{кг}^{-1}$ (хижі) та 55-79 $\text{Bк}\cdot\text{кг}^{-1}$ ("мирні"), які свідчать про нестабільність радіоактивного забруднення води та риби ^{90}Sr , що заважає прогнозу.

3. Встановлено, що за період з 1987 по 1994 рр. середньорічна швидкість зростання значень коефіцієнтів накопичення ^{137}Cs для пісків та замулених пісків складала 10 и 9.5% відповідно, а для мулу - 55%. Внаслідок різних темпів змін K_n відбулися значні зміни у їх співвідношенні. У 1987 р. співвідношення K_n пісок- замулений пісок-мул: 1:3:10 (відповідно 463:1227:4432 $\text{Bк}\cdot\text{кг}^{-1}$), а в 1994 р. воно складало 1:2:110 (відповідно 105:266:11166 $\text{Bк}\cdot\text{кг}^{-1}$).

4. Доведено, що на протилежність донним відкладенням, за період 1987-1994 рр. у вивчених видах водяних рослин відбулося зниження вмісту ^{137}Cs : у прикріплених рослинах у 6 разів (з 3231 до 59 $\text{Bк}\cdot\text{кг}^{-1}$), а у вільноплаваючих - в 52 рази (з 14430 до 32 $\text{Bк}\cdot\text{кг}^{-1}$). Середньорічна швидкість зниження K_n у прикріплених рослинах складала 23%, а у вільноплаваючих - 43%. У 1987 р. у вільноплаваючих рослинах містилося ^{137}Cs в 4.5 рази більше, ніж у прикріплених, а у 1994 р. у прикріплених рослинах ^{137}Cs містилося в 2 рази більше, ніж у вільноплаваючих.

5. Виявлено запізнення піків вмісту ^{137}Cs у рибах стосовно

його концентрації у воді з інтервалом в 1 рік як при високих, так і при низьких рівнях їх радіоактивного забруднення. Збільшення концентрації ^{137}Cs у воді в 1986, 1988, 1991 рр. супроводжувалось збільшенням його вмісту в рибах у 1987, 1989, 1992 рр. (коефіцієнти кореляції $R=0.92-0.96$).

6. Виявлено зниження значень K_n ^{137}Cs у досліджуваних видах риб з 1987 по 1994 рр.: в "мирних" - на 19%, а в хижих - на 12% щорічно (з 2391 до 110 $\text{Bк}\cdot\text{кг}^{-1}$ - в "мирних" і з 1522 до 41 $\text{Bк}\cdot\text{кг}^{-1}$ - в хижих).

7. У Прип'ятському та Домантово-Городищенському районах Київського водосховища з 1986 по 1993 рр. зареєстровані максимальні рівні радіоактивного забруднення всіх досліджуваних компонентів водяних ценозів. Ці райони не використовувалися для рибного промислу, тому що були джерелами і трансформаторами підвищених концентрацій штучних радіонуклідів у довкілля та живі організми, включаючи людину.

8. З 1986 по 1993 рр. зареєстровані максимальні рівні забруднення ^{137}Cs риб, які на момент аварії були у віці до чотирьох років. Можна припустити, що у найближчі роки ці риби будуть практично повністю виведені із промислу, що призведе до зниження загального рівня забруднення промислових риб ^{137}Cs .

9. Встановлено, що "мирні" риби відповідного віку містять в 1.5-2 разів більше ^{90}Sr , ніж хижі. Це можна пояснити тим, що вміст Ca на грам маси у м'язах "мирних" риб більше, ніж у хижих.

10. Встановлено, що вирощування риби у ставкових рибних господарствах з використанням чистих кормів та при постійному нагляді за рівнем радіоактивного забруднення їх середовища мешкання дозволяє знизити радіоактивне забруднення товарної

риби в 10 і більше разів. Очищення ставків від забруднених донних відкладень дозволяє знизити на 50% концентрацію ^{137}Cs у товарній рибі (з $43 \text{ Бк} \cdot \text{кг}^{-1}$ в 1988 р. до $19 \text{ Бк} \cdot \text{кг}^{-1}$ в 1989 р., Чернігівський рибгосп).

11. Розроблена математична модель міграції ^{137}Cs у водному середовищі, яка оцінює тісноту зв'язку між вмістом ізотопу в тушках хижих риб стосовно його вмісту в тушках "мирних" риб та його концентрації у воді. Модель дозволяє оцінити концентрацію ^{137}Cs у м'язах хижих і "мирних" риб у діапазоні 10^1 - $10^4 \text{ Бк} \cdot \text{кг}^{-1}$, у воді - в діапазоні 0.02 - $2.5 \text{ Бк} \cdot \text{л}^{-1}$.

Матеріали дисертації викладені у таких публікаціях:

1. Карачев И.И., Боровикова Н.М., Наговицyna Л.И., Семенюк Н.Д., Гец В.И., Шабунина Н.Д., Сикоренко-Гусар В.В. Схема радиационно-гигиенического контроля воды источников питьевого водоснабжения и открытых водоемов // Информационное письмо. - Выпуск 7 по проблеме "Гигиена окружающей среды". Изд-во РНГЦ МЗ Украины, Киев, 1990.
2. Gulaya N.P., Sikorenko-Gusar V.V., Nagovitsina L.I. The present forms of strontium-90 in some kinds of soil after Chernobyl accident//ESNA, XXIst Annual Meeting, Final Programme and Book of Abstracts, September 3-7, 1990, Kosice, Czechoslovakia, 1990. - P.92.
3. Karachev I.I., Nagovitsina L.I., Tkachenko N.V., Sikorenko-Gusar V.V. The comparative assessments of contamination degree of wood plants and leaves due to the Chernobyl Accident in 1986//ESNA, XXIInd Annual Meeting, Book of Abstracts, September 16-20, 1991, Antalya, Turkiye, 1991. -P.66.
4. I.I. Karachev, V.I. Gueets, V.V. Sikorenko-Goussar Doses d'irradiation de la population suite au transfert du

- radiocesium dans la chain ecologique eau-sediments defond-poisson-homme//Resumes detailles des communications. Seminaire Radioecologie et contre-mesures. - Kiev,1991.- Balen,Belgium, 1991.-P.105.
5. Karachev I.I.,Geets V.I.,Nagovitsina L.I.,Sikorenko-Gusar V.V. Exposure doses to population due to radiocaesium migration through ecological chain including water - sediments-fish-man//Doc. IUR,Proceedings of I.U.R. Soviet Branch Seminar on the Radioecology and Counter-measures.27 April-2 May,1991,Kiev,Balen,Belgium,1992.-P.285-291.
 6. A.M. Serdyuk, V.I. Svatkov,V.V Sikorenko-Gousar Ecological optimization of an economic structure according the principle of risk-to-profit proportionality: proposals concerning extension of priorities in radioecology"/I.U.R. Newsletter Quarterly N7,1992,Balen,Belgium,1992.- P.18-19.
 7. A.M. Serdyuk,V.I.Geets,V.V Sikorenko-Gousar The role waterpath in forming the effective irradiation doses for public living in Dniper areas//Proceedings of the Intern. Conference on Nuclear Waste Management and Environmental Remedation.-September 5-11,1993, Prague, 1993.-P.239-247.
 8. A.M. Serdyuk, V.I. Svatkov,V.V Sikorenko-Gousar Role of radioactivity on formation a toxicometric criterion concerning ecological optimization of an economic structure // Там же.-P.841-842.
 9. V.Sikhorenko-Gousar,V.Svatkov From organism to biotop spreading of conception of combined action // Book of Abstracts,ICCEF'94 Sixth International Conference on the Combined Effects of Environmental Factors,September 25-28, 1994,Toyama, Japan,1994.-P.57.

10. V.V.Sikhorenko-Goussar Mathematical modelling of ¹³⁷Cs migration in Dnieper water-hydrobionts system // Extended synopses, Symposium on "Environmental Impact of Radioactive Releases". May 8-12, 1995, IAEA-SM-339, Vienna, Austria, 1995. - P.204.
11. И. И. Карачев, В. И. Гец, В. В. Сикоренко-Гусар Радиоактивное загрязнение открытых водоемов и формирование дозы облучения населения за счет цезия-137 // Науч. жур. "Гигиена населенных мест" №31, Изд-во "Здоровье", Киев, 1992. - С.7-10.
12. Сватков В. И., Сикоренко-Гусар В. В., Волощенко В. О. Радиационно-гигиеническая оценка строительных песков Ново-Украинского месторождения под Каневским водохранилищем // Материалы науч.-практ. конф. Юнеско "Человек и биосфера" "Проблемы экологической оптимизации землепользования и водохозяйственного строительства в бассейне Днепра", 25-27 марта 1992г., Киев, 1992. - С.120-124.
13. Карачев И. И., Наговицына Л. И., Сикоренко-Гусар В. В. Загрязнение цезием-134, 137 различных возрастных групп промысловых рыб Киевского водохранилища // Там же. - С. 125-126.
14. Сердюк А. М., Сикоренко-Гусар В. В. Радиационно-гигиеническая оценка водохранилищ Днепровского каскада после аварии на ЧАЭС // Материалы 2-го Радиобиологического съезда стран СНГ, 20-25 сентября, 1993г., Киев, 1993. - С.913-914.
15. Сикоренко-Гусар В. В. Анализ радиационно-гигиенической обстановки, сформировавшейся на водохранилищах Днепровского каскада спустя 6 лет после аварии // Тезисы докладов Международной научно-практической конференции "Радиационно-экологические и медицинские аспекты последствий аварии на ЧАЭС", 26-28 октября, 1993г., Киев, 1993. - С.53-54.

16. Карачев И.И., Геец В.И., Сикоренко-Гусар В.В. Динамика содержания радионуклидов стронция и цезия в воде водохранилищ Днепровского каскада // Тезисы докладов научной конференции "Гигиена окружающей среды", 1993г., Киев, 1993. - С. 29-31.
17. Сердюк А.М., Сватков В.І., Сікоренко-Гусар В.В. Роль радіоактивності у формуванні токсиметричного критерію екологічної оптимізації економічної структури регіону // Там же. - С. 14-16.
18. А.М. Сердюк, В.В. Сикоренко-Гусар Радиационно-экологическая оценка последствий Чернобыльской катастрофы на водохранилищах днепровского каскада // Материалы научного семинара "Радиозкология: успехи и перспективы", 3-7 октября, 1994г., Севастополь, 1994. - С.55-58.
19. А.М.Сердюк, В.В.Сикоренко-Гусар, И.И.Карачев, Г.Г.Поликарпов Факторы формирования радиоактивного загрязнения промышленной рыбы //Чернобыль'96, Сборник тезисов V Международной научно-технической конференции "Итоги 10 лет работ по ликвидации последствий аварии на ЧАЭС", 1996г., Зеленый Мыс, 1996. -С.260-261.

АННОТАЦИЯ

Сикоренко-Гусар В.В. Влияние Чернобыльской аварии на содержание дозообразующих радионуклидов в среде и пищевых цепях организмов Киевского, Каневского и Кременчугского водохранилищ.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.00.08 - радиобиология. Институт экспериментальной патологии, онкологии и радиобиологии им. Кавецкого НАН Украины, Киев, 1996.

Защищается диссертационная работа, основные положения которой изложены в 19 научных публикациях, посвященных исследованию формирования радиационной обстановки на водохранилищах днепровского каскада после аварии на ЧАЭС, в местах промышленного лова рыбы.

В процессе исследований были разработаны: схема осуществления радиационного контроля компонентов водных ценозов открытых водоемов; подход к радиационно-гигиенической оценке промысловой рыбы из водохранилищ, с учетом ее загрязнения радионуклидами ^{137}Cs и ^{90}Sr ; математическая модель для прогноза радиоактивного загрязнения ^{137}Cs промысловых рыб в зависимости от концентрации изотопа в воде. Рассчитаны коэффициенты накопления ^{137}Cs компонентами водных ценозов и дозы внутреннего облучения 2-х групп населения: критической группы (рыбаки) и населения в целом. Изучены особенности миграции ^{137}Cs и ^{90}Sr по биологическим цепям водоема.

Результаты исследований:

- использовались для оптимизации рыбного промысла с учетом радиационной обстановки на водохранилищах;
- положены в основу обоснования части водохранных мероприятий, запланированных до 2000 года при разработке Национальной программы экологического оздоровления бассейна р. Днепр и улучшения качества питьевой воды.

ANNOTATION

Sikorenko-Gusar V.V. The Chernobyl accident influence the content of doseforming radionuclides in environment and food-chains of the Kiev, Kanev and Kremenchug water basins.

The defenced thesis is based on the main results, presented in 19 scientific publications devoted to research of

formation of radiation situation at reservoirs of the Dnieper Cascade after the ChNPA accident, at industrial fishery areas.

In the process of investigations were elaborated: the scheme of realizing of radiation control of aquatic cenosis components in open water-bodies; the approaches to radioation-hygienic assessment of industrial fish from water basins taking into account of it contamination with radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr ; the mathematical model for prognosis of radioactive contamination of industrial fish with ^{137}Cs dependence on the isotope concentrations in water. Concentration factors of ^{137}Cs by components of aquatic cenosis were calculated as well as doses of internal irradiation of two groups of population: critical group (fishermen) and population as a whole - were assessed. Peculiarities of ^{137}Cs and ^{90}Sr migration along biological chains of a water-body were studied.

Results of the reseach:

- was used for optimisation of fishery with account of radiation situation at reservoirs;
- were put into the basis of argumentation of a part of aquatic protection measures, planned up to 2000 at elaboration of the National Programme of ecological sanation of the Dnieper River basin, amelioration of the quality of drinking water.

Ключові слова: радіонукліди, концентрація, міграція, водяні ценози, гідробіонти, промислові риби, ефективні дози опромінення.

Подп. к печ. 12.05.96. Формат 60×84^{1/16}.
Бумага тип. № 1. Способ печати офсетный. Услови. печ. л. 10
Услови. кр.-отт. 10. Уч.-изд. л. 10.
Тираж 100. Зак. № 6-1958.

Фирма «ВИПОЛ»
252151, г. Киев, ул. Волинская, 60.

AB.22.82

441483

AB 35.890